

明 細 書

薄膜トランジスタおよびその製造方法

〔技術分野〕

本発明は、薄膜トランジスタ及びその製造方法に関し、特に、有機半
5 導体中に無機材料の粒子を分散して半導体層を形成した薄膜トランジスタ及びその製造方法に関する。

〔技術背景〕

現在、薄膜トランジスタ（以下、TFTという）は、アクティブマト
リクス型の液晶ディスプレイ等における駆動素子として好適に使用され
10 ている。このTFTの構成としては種々の構成が提案されているが、基本的には、半導体層に接触して設けられたソース電極とドレーン電極との間に流れる電流を、半導体層に対して絶縁層を介して設けられたゲート電極に印加される電圧（つまり、印加される電圧で発生する電界）により制御するように構成されている。そして、TFTを構成する半導体
15 層に関し、現在実用化されている半導体材料としては、結晶シリコンと比して特性面では劣るものの、比較的安価であるアモルファスシリコンや低温ポリシリコン等といった無機系半導体がある。又、ゲート電極が設けられる絶縁層に関し、現在実用化されている絶縁材料としては、酸化シリコンや窒化シリコン等がある。しかし、これらの半導体材料及び
20 絶縁材料を用いるTFTの製造プロセスでは、プラズマCVD法等の大規模な装置や、精密加工のための高価な薄膜制御装置を必要とする。そのため、TFTの製造コストは高コスト化する。又、前述したプラズマCVD法等の製造プロセスは、一般に350℃を越えるような処理温度のプロセスを含むため、使用可能な基板材料等には制限がある。

25 ところで、近年では、TFT用として利用可能な半導体材料として、有機化合物で構成される有機物半導体が注目されている。この有機物半導体によれば、スピンコーティング、インクジェット印刷、及び浸漬コーティング等の低コストプロセスによってTFTの半導体層を形成する

ことが可能であるため、前述したアモルファスシリコンや低温ポリシリコン等の無機系半導体を用いる場合と比べて、TFTの製造コストを低コスト化することが可能である。又、それらの低コストプロセスは低温プロセスでもあるため、使用可能な基板材料等に関する制限を解消することも可能になる。更に、前述したように、有機物半導体による半導体層の形成にはスピンコーティング等の低コストプロセス（低温プロセス）が適用可能であるため、フレキシブルな基板や大面積な基板へのTFTの形成が実現でき、これによって大画面ディスプレイやシートライク、或いはペーパーライクなディスプレイ、又は無線IDタグ等への用途拡大が期待される。

しかしながら、現在報告されている有機物半導体は、そのキャリア移動度が前述したアモルファスシリコンや低温ポリシリコン等の無機系半導体と比して低い。又、有機物半導体を用いてアモルファスシリコン並のキャリア移動度を実現するための手段としては、唯一、半導体層内で有機物半導体の小分子又は短鎖オリゴマーを高度に配向制御する手段があるが、これは前述した低コストプロセスでは達成できない。

そこで、アモルファスシリコン並のキャリア移動度と低コストプロセスの実現とを同時に具現化するために、無機系半導体と有機材料とを組み合わせた有機／無機混成半導体材料が提案されている（例えば、日本国特許公開公報：特開2000-260999号公報）。

この有機／無機混成半導体材料では、有機材料（有機成分要素）と無機系半導体（無機成分要素）とが互いに分子レベルで混合されている。そして、この有機／無機混成半導体材料では、有機成分要素と無機成分要素とが互いに自己アセンブリ（自己結晶化）するという性質を利用して、その内部に半導体である無機成分要素が高度に配向した固体結晶薄膜を形成する。これによって、有機／無機混成半導体材料は高いキャリア移動度を実現する。この有機／無機混成半導体材料で半導体層を形成する構成とすれば、スピンコーティング等の低コストプロセス（低温プ

ロセス)によってTFTを形成することができるので、TFTの製造コストを低コスト化することが可能になると共に、使用可能な基板材料等に関する制限等を解消することが可能になる。又、半導体層が高度に配向した無機系半導体の結晶固体を有しているので、キャリア移動度の高いTFTを構築することが可能になる。つまり、高いキャリア移動度と低コストプロセスの実現とを同時に具現化することが可能になる。

ところで、現在のフラットパネルディスプレイに関する技術トレンドは、ディスプレイの大画面化と共に、シートライク化、或いは、ペーパライク化である。そして、それら技術トレンドを実現するため、ディスプレイを構成する基板には、軽量、機械的柔軟性、及び耐衝撃性が要求されている。従って、ディスプレイを構成する基板上に形成されるTFTに対しても、基板の場合と同様、軽量、機械的柔軟性、及び耐衝撃性が要求されている。又、非常に安価に作製できるTFTはRFIDタグ等への応用も期待されるが、その際には、様々な形状、素材への対応が必要とされるため、やはり、軽量、機械的柔軟性、及び耐衝撃性という特徴が必要となる。

しかしながら、前述した有機／無機混成半導体材料を用いる従来の提案では、高いキャリア移動度と低コストプロセスの実現とを同時に具現化するという問題は解決するが、ソース電極－ドレーン電極間のチャンネルを形成する半導体のネットワークが結晶性の無機系半導体の固体薄膜のみで形成されているため、軽量ではあるものの、機械的柔軟性及び耐衝撃性に関して信頼性に課題があった。即ち、フレキシブルな基板としてのプラスチック基板上に有機／無機混成半導体材料を用いてTFTを形成した場合、有機物半導体を用いてTFTを形成した場合と比べると、TFTの曲げに対する耐久性は極めて低かった。

〔発明の開示〕

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、低コストプロセスによって構成可能な、機械的柔軟性、及び耐衝撃性が優れた高

キャリア移動度のTFTと、そのTFTの製造方法を提供することを第1の目的としている。

又、本発明は、前記TFTを複数個配置したアクティブマトリクス型のディスプレイや、前記TFTを集積回路部に用いた無線IDタグや、
5 前記TFTを集積回路部に用いた携帯テレビ、通信端末、PDA、携帯用医療機器等の携行用機器を提供することを第2の目的としている。

そして、これらの目的を達成するために、本発明に係るTFTは、半導体層と、該半導体層に相互に分離して設けられたソース領域とドレーン領域とゲート領域とを有する薄膜トランジスタであって、前記半導体
10 層が複合材料で構成されており、前記複合材料が、有機物半導体材料の内部に少なくとも1種類の無機物材料の粒子が複数分散された複合材料である構成を採る。ここで、本明細書において、ソース領域及びドレーン領域とは、ソース電極及びドレーン電極、並びに、ソース電極及びドレーン電極を半導体層に接続するコンタクト層又は高濃度不純物領域
15 (層)等を含む概念をいう。かかる構成により、有機物半導体材料と無機物材料の粒子とを有してなる半導体層に関し、無機物材料として導電性の材料を用いた場合、半導体層の内部に電気抵抗が低い領域、即ちキャリア移動度が高い領域を多数設けることができるので、有機物半導体材料単体で半導体層を構成する場合よりも半導体層全体として高いキャリア移動度を実現することが可能になる。
20

この場合、薄膜トランジスタのON動作時における前記無機物材料の電気抵抗が、前記ON動作時における前記有機物半導体材料の電気抵抗より低い構成を採ることが好ましい。かかる構成により、有機物半導体材料と無機物材料の粒子とを有してなる半導体層に関し、無機物材料として薄膜トランジスタのON動作時における電気抵抗が有機物半導体材
25 料の電気抵抗より低い材料を用いた場合、半導体層の内部に更に電気抵抗が低い領域、即ちキャリア移動度が更に高い領域を多数設けることができるので、有機物半導体材料単体で半導体層を構成する場合よりも半

導体層全体として更に高いキャリア移動度を実現することが可能になる。

又、本発明では、前記粒子の最大粒子径が、前記ソース領域と前記ドレイン領域との間の距離より小さい構成を採ることが好ましい。かかる構成により、無機物材料が導体の場合でも、ソース領域とドレイン領域とが1つの無機物材料の粒子によって電氣的に短絡されることが防止される。又、無機物材料が半導体の場合は、ソース領域とドレイン領域とが1つの無機物材料によって電氣的に接続されてもTFTを動作させることは可能であるが、無機物材料として半導体単体を用いて構成した従来のTFTの場合ように、機械的柔軟性や耐衝撃性等が有機物半導体材料を用いた場合のTFTと比べて劣る。従って、上記の好ましい構成によれば、無機物材料が半導体の場合であってもフレキシブル性を有する有機物半導体材料の内部に無機物半導体材料が存在する構成となるので、十分な機械的柔軟性、耐衝撃性等を備えるTFTを実現することが可能になる。

又、本発明では、前記半導体層における前記粒子の含有率が、前記粒子のネットワークによって前記ソース領域と前記ドレイン領域とが電氣的に接続されないように制限されている構成を採ることが好ましい。かかる構成により、無機物材料が導体の場合でも、ソース領域とドレイン領域との間が、無機物材料の粒子同士が互いに接触して構成されるネットワークによって電氣的に短絡されることが防止される。又、無機物材料が半導体の場合は、ソース領域とドレイン領域とが無機物材料の粒子同士の接触によって構成されるネットワークにより電氣的に接続されてもTFTを動作させることは可能であるが、前記ネットワークは機械的柔軟性、耐衝撃性等が劣るため、TFTの安定した特性を得ることができない。従って、上記の好ましい構成によれば、無機物材料が半導体の場合であってもフレキシブル性を有する有機物半導体材料の内部に無機物半導体材料が存在する構成となるので、十分な機械的柔軟性、及び耐衝撃性等を備えるTFTを実現することが可能になる。

この場合、前記含有率が、0体積%を超え60体積%以下である構成を採ることが好ましい。かかる構成により、有機物半導体材料の内部に分散された各々の無機物材料の粒子同士の接触確率を有効に制限することが可能になる。

- 5 又、本発明では、前記複数分散された前記粒子の群が、互いに平均粒子径が異なる少なくとも第1の粒子群及び第2の粒子群の2つの粒子群を含んで構成されていることが好ましい。かかる構成により、有機物半導体材料の内部における無機物材料の粒子の充填率を容易に高めることができるので、半導体層全体としてより一層高いキャリア移動度を実現
- 10 することが可能になる。

この場合、前記第1の粒子群の平均粒子径が、前記第2の粒子群の平均粒子径の0%を超え15%未満である構成を採ることが好ましい。かかる構成により、有機物半導体材料の内部における無機物材料の粒子の充填率をより簡単に高めることが可能になる。

- 15 又、本発明では、前記無機物材料が、導体材料である構成を採ることが好ましい。かかる構成により、無機物材料が導体材料で構成される場合は、TFTの半導体特性は有機物半導体材料のみによって発現することになるが、半導体層の内部に導体材料が分散していることによりソース領域とドレイン領域との間の実効的なチャネル長が短くなるため、半
- 20 導体層全体としてのキャリア移動度を改善することが可能になる。又、実効的なチャネル長が短くなることにより、遮断周波数を向上させることが可能になる。

- 又、本発明では、前記無機物材料が、半導体材料である構成を採ることが好ましい。かかる構成により、無機物材料が半導体材料で構成され
- 25 る場合は、無機物材料の粒子の充填率を十分に高めた場合であってもソース領域とドレイン領域とが導通状態になる危険性が無く、これによりキャリア移動度が高いTFTを安定して実現することが可能になる。

又、本発明では、前記無機物材料が、導体材料及び半導体材料を含有

する２種類以上の材料の複合材料である構成を採ることが好ましい。かかる構成により、無機物材料が導体材料及び半導体材料を含む２種類以上の材料の複合材料で構成される場合は、無機物材料が半導体材料のみで構成される場合と導体材料のみで構成される場合との双方の効果を
5 得ることが可能になる。

又、本発明に係るＴＦＴの製造方法は、半導体層と、該半導体層に相互に分離して設けられたソース領域とドレーン領域とゲート領域とを有する薄膜トランジスタの製造方法であって、有機物半導体材料の内部に少なくとも１種類の無機物材料の粒子を複数分散させて複合材料を製造
10 する第１の製造工程と、前記第１の製造工程で得られた前記複合材料を用いて前記半導体層を形成する第２の製造工程と、を備えている構成を採る。かかる構成により、有機物半導体材料と無機物材料の粒子とを有してなる半導体層に関し、無機物材料として導電性の材料を用いた場合、半導体層の内部に電気抵抗が低い領域、即ちキャリア移動度が高い領域
15 を多数設けることができるので、有機物半導体材料単体で半導体層を構成する場合よりも半導体層全体として高いキャリア移動度を備えるＴＦＴを製造することが可能になる。

この場合、前記無機物材料として、薄膜トランジスタのＯＮ動作時における電気抵抗が前記ＯＮ動作時における前記有機物半導体材料の電
20 気抵抗より低い無機物材料を用いる構成を採ることが好ましい。かかる構成により、有機物半導体材料と無機物材料の粒子とを有してなる半導体層に関し、無機物材料として薄膜トランジスタのＯＮ動作時における電気抵抗が有機物半導体材料の電気抵抗より低い材料を用いた場合、半導体層の内部に更に電気抵抗が低い領域、即ちキャリア移動度が更に高
25 い領域を多数設けることができるので、有機物半導体材料単体で半導体層を構成する場合よりも半導体層全体として更に高いキャリア移動度を備えるＴＦＴを製造することが可能になる。

又、本発明では、前記粒子の粒度分布を所定の粒度分布とするための

粒子選別工程を更に備えている構成を採ることが好ましい。かかる構成により、有機物半導体材料の内部に分散させる無機物材料の粒子の粒度分布を所定の粒度分布となるように制御することができるので、特性ばらつきの小さいTFTを製造することが可能になる。

- 5 又、本発明では、前記粒子の前記半導体層内における分散状態を所定の分散状態とするための分散制御工程を更に備えている構成を採ることが好ましい。かかる構成により、有機物半導体材料の内部に分散させる無機物材料の粒子の分散状態を所定の分散状態となるように制御することができるので、特性ばらつきの小さいTFTを製造することが可能になる。
- 10 なる。

- 又、本発明では、前記第2の製造工程が、前記複合材料を所定の溶液中に溶解若しくは非溶解の状態に分散させて半導体層形成用材料を得る第1の準備工程と、前記第1の準備工程で得られた前記半導体層形成用材料を所定の位置に噴霧、塗布若しくは印刷した後に乾燥させて前記半導体層を形成する第2の準備工程と、を備えていることが好ましい。かかる構成により、低コストプロセスを用いてTFTを製造することが可能になる。
- 15

- 又、本発明に係る薄膜トランジスタを用いたアクティブマトリクス型ディスプレイは、請求の範囲第1項乃至第10項の何れかに記載の薄膜トランジスタが、画素を駆動するためのスイッチング素子として複数個配設されてなる構成を採る。かかる構成により、低コストで特性の良いシートライク、或いはペーパーライクなアクティブマトリクス型のディスプレイを具現化することが可能になる。
- 20

- 又、本発明に係る薄膜トランジスタを用いた無線IDタグは、請求の範囲第1項乃至第10項の何れかに記載の薄膜トランジスタが、集積回路を構成するための半導体素子として利用されてなる構成を採る。かかる構成により、無線IDタグを様々な形状の物体、或いは素材へ貼り付けることが可能になる。又、任意の形状に形成可能な無線IDタグを具
- 25

現化することが可能になる。

又、本発明に係る薄膜トランジスタを用いた携帯用機器は、請求の範囲第1項乃至第10項の何れかに記載の薄膜トランジスタが、集積回路を構成するための半導体素子として利用されてなる構成を採る。ここで、
5 携帯用機器としては、例えば、携帯テレビ、通信端末、PDA、携帯用医療機器等が挙げられる。しかし、これらの携帯用機器に限定されることはなく、例えば、携帯用AV機器、携帯用コンピュータ等の如何なる携帯用機器も含まれる。かかる構成により、携帯テレビ、通信端末、PDA、携帯用医療機器等の携帯用機器に、低コスト、フレキシブル、耐
10 衝撃性、任意形状に形成可能等の利点を付加することが可能になる。

本発明の上記目的、他の目的、特徴、及び利点は、添付図面参照の下、以下の好適な実施態様の詳細な説明から明らかにされる。

〔図面の簡単な説明〕

図1A～図1Dは、TFTの第1の代表的な構成の各々を模式的に示す断面図である。
15

図2A及び図2Bは、TFTの第2の代表的な構成の各々を模式的に示す断面図である。

図3は、第1の実施形態に係る半導体特性評価用試料の構成を模式的に示す斜視図である。

図4AはTFTを構成する半導体層の一部の断面を模式的に示す断面図であり、図4Bは画像認識によって導出された無機物半導体材料の粒子の粒子径分布を模式的に例示する分布図である。
20

図5は、第1の実施形態で用いたP型シリコン結晶の粒子の種類と、それぞれの粒子のオリゴチオフェン中における含有率と、オリゴチオフェン中の粒子全体の総充填率とを示す組み合わせ図である。
25

図6は、第2の粒子の平均粒子径と限界総充填率との関係を示す相関グラフである。

図7は、P型シリコン結晶の粒子の充填率とTFTのキャリア移動度

との関係を示す相関グラフである。

図 8 は、第 1 の実施形態に係る耐屈曲性評価を行うための試験形態を模式的に示す形態図である。

図 9 は、P 型シリコン結晶の粒子の充填率と不良率との関係を示す相
5 関グラフである。

図 10 は、第 2 の実施形態で用いた Cu 粒子の種類と、それぞれの粒子のオリゴチオフェン中における含有率と、オリゴチオフェン中の粒子全体の総充填率とを示す組み合わせ図である。

図 11 は、Cu 粒子の総充填率と TFT のキャリア移動度との関係を示
10 示す相関グラフである。

図 12 は、Cu 粒子の総充填率と TFT の遮断周波数との関係を示す相関グラフである。

図 13 は、第 3 の実施形態に係る半導体層における無機物半導体材料及
及び無機物導体材料の種類と、各々の粒子の粒子径及び総充填率、更に
15 それらを用いて作製した TFT のキャリア移動度と遮断周波数との平均
値について、第 1 の実施形態において作製した TFT の場合と比較した
結果を示す比較図である。

図 14 は、有機 EL を表示部に用いたアクティブマトリクス型ディス
プレイの構成を模式的に示す斜視図である。

図 15 は、TFT 駆動回路部の構成を拡大して示した模式図である。
20

図 16 は、本実施の形態に係る TFT を用いた無線 ID タグの構成を模式的に示した斜視図である。

図 17 は、本実施の形態に係る TFT を用いた携帯テレビの構成を模式的に示した正面図である。

図 18 は、本実施の形態に係る TFT を用いた携帯電話の構成を模式的に示した正面図である。
25

図 19 は、本実施の形態に係る TFT を用いた携帯用医療機器の構成を模式的に示した斜視図である。

〔発明を実施するための最良の形態〕

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

（第１の実施形態）

本発明の第１の実施形態では、半導体層が無機物半導体材料の粒子を
5 その内部に複数含有する有機物半導体材料によって構成されたＴＦＴに
関して、その代表的な構成、製造方法、及び評価結果等について説明す
る。

図１は、ＴＦＴの第１の代表的な構成の各々を模式的に示す断面図で
ある。

10 図１Ａ～図１Ｄに示すように、本実施の形態に係るＴＦＴ１００の構
成としては、様々な構成が考えられる。何れの構成においても、その構
成要素として、基板１と、ゲート電極２と、ゲート絶縁層３と、半導体
層４と、ソース電極５と、ドレーン電極６とを備えていることでは共通
している。ここで、一般に、図１Ａ及び図１Ｂは、ボトムゲート方式と
15 呼ばれている。又、図１Ｃ及び図１Ｄは、トップゲート方式と呼ばれて
いる。更に、半導体層４とソース電極５、ドレーン電極６との位置関係
により、図１Ａ及び図１Ｃは、トップコンタクト方式とも呼ばれている。
又、図１Ｂ及び図１Ｄは、ボトムコンタクト方式とも呼ばれている。こ
れらの図１Ａ～図１Ｄで示したＴＦＴ１００は、ソース電極５とドレー
20 ン電極６とが断面視において横方向に対向するよう配置されているので、
横型ＴＦＴと呼ばれている。

一方、図１Ａ～図１Ｄに示した従来の横型ＴＦＴに対し、近年では、
ソース電極５とドレーン電極６とが断面視において縦方向に対向するよ
う配置された縦型ＴＦＴも提案されている。

25 図２Ａ及び図２Ｂは、ＴＦＴの第２の代表的な構成の各々を模式的に
示す断面図である。

図２Ａ及び図２Ｂに示すように、本実施の形態に係るＴＦＴ２００の
構成でも、その構成要素として、基板１と、ゲート電極２と、ゲート絶

緑層 3 と、半導体層 4 と、ソース電極 5 と、ドレーン電極 6 とを備えていることでは、図 1 A～図 1 D で示した T F T 1 0 0 と基本的に同様である。しかし、本実施の形態に係る T F T 2 0 0 では、図 2 A 及び図 2 B の何れにおいても、ソース電極 5 とドレーン電極 6 とが半導体層 4 を
5 その膜厚方向に（縦方向に）挟んで対向するように配置されている。このため、T F T 2 0 0 は、縦型 T F T と呼ばれている。

尚、本発明によって得られる効果は、半導体層の材料構成に係る作用によって得られるものであるので、T F T 自体の構成は図 1 及び図 2 に示した何れの構成でも良く、即ち、何れかの構成に限定されるものではない。従って、以降の説明では、T F T の構成の代表例として、図 1 C
10 に示したトップゲート方式の T F T 1 0 0 の構成を適用した場合について説明する。

図 1 C に示すように、トップゲート方式が採用された T F T 1 0 0 は、基板 1 と、 π 共役系有機半導体分子からなる半導体層 4 と、ソース電極
15 5 と、ドレーン電極 6 と、ゲート絶縁層 3 と、ゲート電極 2 とを有している。具体的には、基板 1 の主面上に半導体層 4 が設けられており、この半導体層 4 の上に、ソース電極 5 及びドレーン電極 6 が、互いに分離するように設けられている。又、このソース電極 5 及びドレーン電極 6 と、半導体層 4 の露出面との双方を覆うように、ゲート絶縁層 3 が設け
20 られている。そして、このゲート絶縁層 3 の上に、平面視において少なくともソース電極 5 とドレーン電極 6 との間に位置するように、ゲート電極 2 が設けられている。即ち、図 1 C に示すトップゲート方式が採用された T F T 1 0 0 は、基板 1 上に半導体層 4、ソース電極 5 及びドレーン電極 6、ゲート絶縁層 3 が積層され、このゲート絶縁層 3 の上にゲ
25 ート電極 2 が配設された構成を有している。

図 1 C に示す T F T 1 0 0 では、基板 1 として、ポリエチレン系のプラスチック基板を用いている。又、半導体層 4 を構成する有機物半導体材料としては、 π 共役系有機半導体分子の内の 1 つであるオリゴチオ

フェン誘導体分子（以下、単にオリゴチオフエンという）を用いている。そして、この半導体層 4 において有機物半導体材料の内部に分散させる無機物半導体材料としては、T F T の O N 動作時における電気抵抗が有機物半導体材料よりも低い P 型シリコン結晶の粒子を用いている。又、

5 この P 型シリコン結晶の粒子の粒子径を、ソース電極 5 とドレーン電極 6 との間の距離よりも小さい粒子径としている。尚、ソース電極 5、ドレーン電極 6、及びゲート電極 2 を構成する材料としては、P E D O T（ポリ 3，4-エチレンジオキシチオフエン）を主成分とする電極材料を用いている。又、ゲート絶縁層 3 を構成する材料としては、ポリビ

10 ニルフェノールを用いている。

上記構成を有する T F T 1 0 0 を製造する場合、先ず、有機物半導体材料の内部に分散させる P 型シリコン結晶の粒子を所望の粒子径毎に一定の粒度分布に収まるように選別する。そして、その後、半導体層 4 の形成時に所望の充填量となるように、オリゴチオフエンが溶解された溶

15 液中に前述した P 型シリコン結晶の粒子を添加する。この時、有機物半導体材料の内部において P 型シリコン結晶の粒子の凝集が発生しないように、又、その密度分布に不均一が発生しないようにするため、オリゴチオフエンが溶解された溶液中に P 型シリコン結晶の粒子を添加した後、その混合液を十分に攪拌する。オリゴチオフエンが溶解された溶液中に

20 おける P 型シリコン結晶の粒子の分散状態は、例えば、目視、又は光学顕微鏡等による観察によって確認される。これにより、半導体層 4 を形成した際の P 型シリコン結晶の粒子の分散状態を良好にすることが可能になる。尚、オリゴチオフエンが溶解された溶液中において P 型シリコン結晶の粒子が凝集又は不均一となった場合には、それらの混合液の攪

25 拌を更に十分に実施する。

次に、このようにして準備した半導体層 4 を形成するための半導体層形成用材料を、プラスチック製の基板 1 上にスピンコーティング法によって塗布する。そして、その半導体層形成用材料が塗布された基板 1

を十分に乾燥させることにより、基板 1 上に半導体層形成用材料からなる半導体層 4 を形成する。

次に、半導体層形成用材料からなる半導体層 4 上にソース電極 5 とドレーン電極 6 とを形成するために、所定の電極材料を、所望の形状が得られるように予めパターニングされたスクリーン版を用いることによって印刷した後、十分に乾燥させる。これによって、半導体層 4 上には、所望の形状のソース電極 5 及びドレーン電極 6 が形成される。

その後、ゲート絶縁層 3 を形成するために、所定の絶縁材料を予めパターニングされたスクリーン版を用いることによって、ソース電極 5、ドレーン電極 6、及び半導体層 4 上に印刷した後、十分に乾燥させる。これにより、半導体層 4、ソース電極 5 及びドレーン電極 6 上には、所望の形状のゲート絶縁層 3 が形成される。

そして、最後に、ゲート絶縁層 3 上にゲート電極 2 を形成するため、上記と同様にして、所定の電極材料を、所望の形状が得られるように予めパターニングされたスクリーン版を用いることによって印刷した後、これを十分に乾燥させる。これによって、ゲート絶縁層 3 上には所望の形状のゲート電極 2 が形成される。

このように、TF T 1 0 0 は、基板 1 上に半導体層 4、ソース電極 5 及びドレーン電極 6、ゲート絶縁層 3、及びゲート電極 2 の各々がスクリーン版を用いる印刷法によって印刷され、その後十分に乾燥されることによって形成される。

本実施の形態では、TF T 1 0 0 の半導体特性（遮断周波数、キャリア移動度等）を評価するために、TF T 1 0 0 を複数個配設した半導体特性評価用試料を用いている。

図 3 は、第 1 の実施形態に係る半導体特性評価用試料の構成を模式的に示す斜視図である。尚、図 3 では、半導体特性評価用試料の一部を抜粋して示している。又、図 3 では、1 つの TF T を 1 つの平行四辺形によって模式的に示している。

図 3 に示すように、本実施の形態に係る半導体特性評価用試料 300 は、断面構造が図 1 C の如く示される TFT100 を 1 枚のプラスチック基板 7 上において 8×8 のマトリクス状に有している。ここで、本実施の形態では、プラスチック基板 7 の大きさを 70 mm×70 mm としている。又、半導体特性評価用試料 300 には、プラスチック基板 7 の上方から各 TFT100 の各電極に電氣的にコンタクトできるようにするため、プロービングパッド部が設けられている。更に、個々の TFT100 において、ソース電極とドレーン電極との間の距離（チャンネル長）は、各々 100 μm としている。

又、本実施の形態では、有機物半導体材料の内部に分散された無機物半導体材料の粒子の平均粒子径を測定する方法として、画像認識を用いた平均粒子径測定方法を用いている。

図 4 A は、TFT を構成する半導体層の一部の断面を模式的に示している。ここで、図 4 A に示すように、前記半導体層の一部の断面を観察することにより、無機物半導体材料の粒子 8 が有機物半導体材料 9 の内部に分散されている状態が容易に確認できる。無機物半導体材料の粒子 8 は、様々な粒子径の粒子から構成されている。

図 4 A に示すように、TFT100 を構成する半導体層 4 の断面 400 を光学顕微鏡や電子顕微鏡等の観察手段によって観察すると、色調の違い（又は、濃淡の違い）によって、無機物半導体材料の粒子 8 と有機物半導体材料 9 とを区別して認識することが可能である。例えば、図 4 A では、無機物半導体材料の粒子 8 は白色体として認識可能である。一方、有機物半導体材料 9 は黒色体として認識可能である。この場合、図 4 A に示したように必ずしも無機物半導体材料の粒子 8 が白色であり、有機物半導体材料 9 が黒色として観察される訳ではないが、観察した画像には材料の種類毎に色調の違い（又は、色の濃淡）が現れるため、画像処理によって閾値を調整等して 2 値化することにより、無機物半導体材料の粒子 8 と有機物半導体材料 9 とを区別することが可能である。そ

して、前述した観察手段によって無機物半導体材料の粒子 8 と有機物半導体材料 9 とが識別されると、所定の画像認識ソフトウェア及びデータ処理装置によって無機物半導体材料の粒子 8 の面積が算出された後、その算出された面積に基づいて無機物半導体材料の粒子 8 の粒子径が算出される。すると、データ処理装置では、その算出された各々の無機物半導体材料の粒子 8 の粒子径が蓄積され、有機物半導体材料 9 の内部に分散された無機物半導体材料の粒子 8 の粒子径分布が求められる。

図 4 B は、画像認識によって導出された無機物半導体材料の粒子の粒子径分布を模式的に例示している。尚、図 4 B において、横軸は画像認識手段によって求められた無機物半導体材料の粒子 8 の粒子径を示しており、縦軸は頻度（度数）を示している。

図 4 B に例示するように、画像認識によって求められた粒子径分布から、有機物半導体材料 9 の内部に分散された無機物半導体材料の粒子 8 の平均粒子径が求められる。例えば、図 4 B におけるピーク a は、無機物半導体材料の粒子 8 に係る第 1 の粒子群の平均粒子径を示している。又、図 4 B におけるピーク b は、無機物半導体材料の粒子 8 に係る第 2 の粒子群の平均粒子径を示している。これらのピーク a 及びピーク b の分離、及びそれに基づく各々の粒子群に係る平均粒子径の算出は、画像認識ソフトウェアによって自動で行うことが可能である。

このように、本実施の形態では、有機物半導体材料 9 の内部に分散された無機物半導体材料の粒子 8 の平均粒子径を、画像認識手段を利用することによって求めている。尚、本実施の形態で示した画像認識手段を利用した平均粒子径の算出方法は、種々ある平均粒子径の算出方法の一例である。従って、平均粒子径の算出は上述した画像認識手段を利用した方法に限定されず、如何なる手段を利用してもよい。

図 5 は、第 1 の実施形態で用いた P 型シリコン結晶の粒子の種類（ここでは、平均粒子径の種類）と、それぞれの粒子のオリゴチオフェン中における含有率（体積％）と、オリゴチオフェン中の粒子全体の総充填

率（体積％）とを示している。ここで、本実施の形態では、P型シリコン結晶の粒子として、その平均粒子径が $20\text{ }\mu\text{m}$ である第1の粒子（P型シリコン結晶1）と、その平均粒子径が $1.5\text{ }\mu\text{m}$ である第2の粒子（P型シリコン結晶2）とを用いている。

- 5 図5に示すように、本実施の形態では、総充填率が40体積％までは平均粒子径が $20\text{ }\mu\text{m}$ である第1の粒子の1種類のみで半導体層用材料を作製した。又、それ以上の総充填率については、平均粒子径が $1.5\text{ }\mu\text{m}$ である第2の粒子を更に加えていくことによって、半導体層用材料作製した。その理由は、単一粒子径の粒子によって充填率を一定の充填
- 10 率以上に高めるためには、半導体層の成膜後にプレス工程を設ける等のプロセス上の工夫が必要となり、この余分な工程の追加を防止するためである。

ここで、P型シリコン結晶の平均粒子径の設定に関し、上述した第2の粒子の粒子径の設定根拠について説明する。

- 15 図6は、第2の粒子の平均粒子径と限界総充填率との関係を示す相関グラフである。尚、図6において、横軸は第2の粒子の平均粒子径（ μm ）を示しており、縦軸は限界総充填率（体積％）を示している。

- 本実施の形態では、第1の粒子（平均粒子径： $20\text{ }\mu\text{m}$ ）の含有率が40体積％である半導体層用材料に対して、第2の粒子の平均粒子径を変化させて加えた場合の限界総充填率を確認することにより、第2の粒子の平均粒子径を設定している。具体的には、図6に示すように、第2の粒子の平均粒子径を $3\text{ }\mu\text{m}$ （つまり、第1の粒子の粒子径の15％）より小さくした場合、単一粒子径の粒子による場合の限界総充填率（図6において黒丸で表示）を上回る総充填率が得られることが分かる。一
- 20 方、図6に示すように、第2の粒子の粒子径が第1の粒子の粒子径の15％を上回る場合には、総充填率が前記限界総充填率を下回ることが分かる。つまり、プレス工程等の成膜後の追加処理を行わない場合、第1の粒子より小さい粒子径を備える第2の粒子を混合することにより、P

型シリコン結晶の粒子の充填率を容易に高めることが可能である。そして、本実施の形態では、このような調査結果に基づいて、第2の粒子の粒子径を、第1の粒子の粒子径の0%を超え15%未満とすることとしている。具体的には、ここでは、第2の粒子の粒子径を1.5 μm に設定している。

以下、本実施の形態におけるTFTの半導体特性に関する評価結果について説明する。

図7は、P型シリコン結晶の粒子の充填率とTFTのキャリア移動度との関係を示す相関グラフである。尚、図7において、横軸はP型シリコン結晶の粒子の総充填率（体積%）を示しており、縦軸はTFTのキャリア移動度（ cm^2/Vs ）の平均値を示している。

図7に示すように、図5で示したP型シリコン結晶の粒子の充填率が異なる種々の半導体層用材料を用いてTFTを作製し、このTFTを用いてキャリア移動度の評価を行った。その結果、P型シリコン結晶の粒子の充填率が上昇するに従って、TFTのキャリア移動度が向上することが判明した。

次に、作製したTFTの曲げに対する信頼性の評価を行った結果について説明する。

図8は、第1の実施形態に係る耐屈曲性評価を行うための試験形態を模式的に示す形態図である。

本耐屈曲性評価では、図3に示したプラスチック基板7上に8×8のマトリクス状にTFT100が形成された半導体特性評価用試料300を、図8に示すようにその中心部分を上下に5mm変位させる試験を1サイクルとする10サイクルの信頼性試験を行った。そして、半導体特性評価用試料300を構成する全64素子のTFT100の内、1つでも動作しないTFTがあった場合、不良と判定することとした。尚、本耐屈曲性評価は、P型シリコン結晶の粒子の各充填量毎に10枚の試料を用意し、その試料を用いてTFTの不良率を算出した。

図 9 は、P 型シリコン結晶の粒子の充填率と不良率との関係を示す相関グラフである。尚、図 9 において、横軸は P 型シリコン結晶の粒子の総充填率（体積％）を示しており、縦軸は T F T の不良率（％）を示している。

- 5 図 9 に示すように、P 型シリコン結晶の粒子の充填率が低い場合には T F T の不良は殆ど発生しないが、充填率が 60 体積％で 40％の不良が発生し、充填率が 65 体積％では全試料が曲げ試験によって不良となることが判明した。これは、無機物半導体材料である P 型シリコン結晶の粒子の充填率が高まるにつれて、半導体層の弾性が失われるためである
10 と考えられる。この評価結果から、半導体層における無機物半導体材料の粒子の含有率は、0 体積％を超え 60 体積％以下であることが好ましいことが判明した。

- 尚、本実施の形態では、有機物半導体材料としてオリゴチオフェンを用い、有機物半導体材料の内部に分散させる無機物半導体材料として P
15 型シリコン結晶の粒子を用いているが、本発明の効果はこれらの材料に限定されるものではない。例えば、有機物半導体材料として、ペンタセン、テトラセン、オリゴアセン等のアセン系の有機物半導体材料や、それらの構造の一部を置換又は化学修飾した誘導体を用いてもよい。又、チオフェン系ポリマーやアセン系ポリマーの誘導体に限らず、アセチレン系、ピロール系、又はフェニレン系のポリマーの誘導体を用いても、
20 本発明の効果と同様の効果を得ることが可能である。更に、前記材料の何れかを組み合わせたコポリマーの誘導体を用いても、本発明の効果と同様の効果が得られる。又、無機物半導体材料として、ゲルマニウムや金属間化合物の半導体等を用いても、本発明の効果と同様の効果を得る
25 ことが可能である。

又、有機物半導体材料の内部に分散させる無機物半導体材料の粒子の粒子径についても、図 5 に示した粒子径に限定されるものではない。即ち、弾性に優れる有機物半導体材料の内部に電気抵抗の低い無機物半導

体材料の粒子を分散させるという本発明の思想に沿った材料の組み合わせであれば、本発明の効果は同様に得られる。

又、本実施の形態では、ソース電極、ドレーン電極、及びゲート電極の各々の電極材料としてP E D O Tを主成分とする電極材料を用いているが、その他の導電性高分子材料を用いることも可能である。又、I T O、A u、又はC u等の無機材料を用いることも可能である。但し、機械的柔軟性、耐衝撃性のあるT F Tを構成するためには弾性のある材料を選択するか、若しくは曲げの影響を受けにくい電極構成を選択することが好ましい。又、ゲート絶縁層や基板も本実施の形態で用いた材料に
5
10 限定はされないが、電極と同様に弾性のある材料を選択するか、若しくは曲げの影響を受けにくい材料を用いることが好ましい。

又、上述したように、有機物半導体材料、及び無機物半導体材料の各材料要素は各々が単一材料である必要はなく、2種類以上の材料が混合された材料（無機物半導体材料については、別々に有機物半導体材料の
15 内部に分散されてもよいし、混合粒子として分散されてもよい）であってもよい。かかる構成としても、本発明の効果と同様の効果が得られることは容易に類推できる。

（第2の実施形態）

本発明の第2の実施形態では、半導体層が無機物導体材料の粒子をその内部に複数含有する有機物半導体材料によって構成されたT F Tに関し、その代表的な構成、製造方法、及び評価結果等について説明する。
20

本実施の形態では、T F T自体の構成としては、第1の実施形態の場合と同様、図1 Cに示す構成を用いている。そして、基板1を構成する材料として、ポリエチレン系のプラスチック基板を用いている。又、
25 半導体層4を構成する材料としては、有機物半導体材料として置換系オリゴチオフェンを用い、その内部に分散させる無機物導体材料として粒子状のC uを用いている。又、ソース電極5、ドレーン電極6、及びゲート電極2を構成する材料としては、P E D O Tを主成分とする電極材

料を用いている。又、ゲート絶縁層 3 を構成する材料としては、ポリビニルフェノールを用いている。

又、本実施の形態に係る T F T の製造方法は、基本的に第 1 の実施形態の場合と同様の製造方法である。その製造方法の概略を説明すると、

5 先ず有機物半導体材料の内部に分散させる C u 粒子を所望の粒子径毎に一定の粒度分布に収まるように選別する。その後、半導体層形成時に所望の充填量となるように、置換系オリゴチオフェンが溶解された溶液中に C u 粒子を添加する。この時、C u 粒子の凝集や、不均一な密度分布が生じないようにするため、置換系オリゴチオフェンと C u 粒子とを有

10 する溶液を十分に混合する。これにより、半導体層を形成した際の C u 粒子の分散状態を良好にすることが可能になる。そして、このようにして準備した半導体層 4 を形成するための半導体層形成用材料をプラスチック基板 1 上にスピンコーティング法によって塗布し、乾燥させることで半導体層 4 を形成する。そして、最後に、ソース電極 5、ドレーン

15 電極 6、ゲート電極 2、及びゲート絶縁層 3 を、所望の形状が得られるようにスクリーン印刷によって形成した後、十分に乾燥させる。

又、本実施の形態では、T F T の半導体特性等の評価を行う際、実施の形態 1 と同様、その寸法が 7 0 m m × 7 0 m m のプラスチック基板 7 上に T F T 1 0 0 を 8 × 8 のマトリクス状に構成した半導体特性評価

20 用試料 3 0 0 を用いている。又、有機物半導体材料の内部への C u 粒子の分散方法としては、図 5 で示した第 1 の実施形態における P 型シリコン結晶の粒子の場合と同様、図 1 0 に示すように C u 粒子の総充填率の高いケースについては第 1 の粒子（C u 粒子 1 ；平均粒子径 1 0 μ m）と第 2 の粒子（C u 粒子 2 ；平均粒子径 1 μ m）との 2 種類の粒子を混

25 合することとしている。

以下、本実施の形態における T F T の半導体特性に関する評価結果について説明する。

図 1 1 は、C u 粒子の総充填率と T F T のキャリア移動度との関係を

示す相関グラフである。尚、図 1 1 において、横軸は C u 粒子の総充填率（体積％）を示しており、縦軸は T F T のキャリア移動度（ cm^2/Vs ）の平均値を示している。

図 1 1 に示すように、図 1 0 で示した C u 粒子の総充填率が異なる
5 種々の半導体層用材料を用いて T F T を作製し、この T F T を用いてキャリア移動度の評価を行った。その結果、C u 粒子の充填率が上昇するに従って、T F T のキャリア移動度が向上することが判明した。尚、図 1 1 では、C u 粒子の総充填率が 6 0 体積％の試料では 1 つの試料中でソース電極とドレーン電極との間が短絡して半導体特性が測定できない
10 試料が半数以上あったため、キャリア移動度が測定可能であった T F T のみの平均値を示している。又、図 1 0 には示していないが、C u 粒子の総充填率を 6 0 体積％以上に高めた場合は、全ての T F T において前記短絡が発生して半導体特性の測定が不能であった。このように、有機物半導体材料の内部における C u 粒子の総充填率が上昇するに従って、
15 T F T のキャリア移動度が向上することが判明した。

図 1 2 は、C u 粒子の総充填率と T F T の遮断周波数（利得が 1 になる周波数）との関係を示す相関グラフである。尚、図 1 2 において、横軸は C u 粒子の総充填率（体積％）を示しており、縦軸は T F T の遮断周波数（H z）の平均値を示している。

図 1 2 に示すように、有機物半導体材料の内部における C u 粒子の総
20 充填率が上昇するに従って、T F T の遮断周波数も上昇することが分かる。つまり、有機物半導体材料を用いる T F T の遮断周波数の改善に対し、半導体層への C u 粒子の添加の有効性が認められた。

尚、本実施の形態では、有機物半導体材料として置換系オリゴチオフ
25 エンを、分散させる無機物導体材料として C u 粒子を用いたが、本発明の効果はこれらの材料に限定された場合に発現するものではない。又、分散させる C u 粒子の粒子径についても、図 1 0 に示した粒子径に限定されるものではない。即ち、弾性に優れる有機物半導体材料の内部に電

気抵抗の低い無機物半導体材料の粒子を分散させるという本発明の思想に沿った材料の組み合わせであれば、本発明の効果は同様に得られる。その他の点については、第 1 の実施形態の場合と同様である。

(第 3 の実施形態)

- 5 本発明の第 3 の実施形態では、半導体層が無機物半導体材料の粒子と無機物半導体材料の粒子とを複数内部に含有する有機物半導体材料によって構成された T F T について説明する。尚、本実施の形態では、T F T 自体の構成、半導体特性等を評価するための試料の構成、及び T F T の製造方法等は、第 1, 2 の実施形態の場合と同様である。従って、ここ
- 10 では、その説明は省略する。又、T F T を構成する各構成要素の適用材料は、半導体層を除いて第 1 の実施形態の場合と同様としている。例えば、半導体層を形成するためのベースとなる有機物半導体材料は、第 1 の実施形態の場合と同様のオリゴチオフェンを用いている。

- 以下、本実施の形態における T F T の半導体特性に関する評価結果に
- 15 ついて説明する。

- 図 1 3 は、第 3 の実施形態に係る半導体層における無機物半導体材料及
- 及び無機物半導体材料の種類と、各々の粒子の粒子径及び総充填率、更にそれらを用いて作製した T F T のキャリア移動度と遮断周波数との平均
- 値について、第 1 の実施形態において作製した T F T の場合と比較した
- 20 結果を示す比較図である。

- 図 1 3 に示すように、無機物半導体材料の粒子として P 型シリコン結
- 晶の粒子のみを有機物半導体材料の内部に分散させた第 1 の実施形態の
- 場合に比べて、C u 粒子も一緒に分散させた第 3 の実施形態（図 1 3 に
- おいて、第 3 の実施形態（1）及び（2））の場合の方が、キャリア移
- 25 動度、遮断周波数共に向上していることが分かる。つまり、有機物半導
- 体材料を用いる T F T のキャリア移動度及び遮断周波数の改善に対し、
- 半導体層への P 型シリコン結晶粒子及び C u 粒子の 2 種類の粒子の添加
- が有効であることが認められた。

尚、本実施の形態では、有機物半導体材料としてオリゴチオフェンを用い、分散させる無機物半導体材料としてP型シリコン結晶の粒子を、分散させる無機物導体材料としてCu粒子を用いているが、本発明の効果はこれらの材料に限定された場合に発現するものではない。又、分散
5 させる粒子の粒子径についても、図13に示した粒子径に限定されるものではない。即ち、弾性に優れる有機物半導体材料の内部に電気抵抗の低い無機物半導体材料の粒子と無機物導体材料の粒子とを分散させると
いう本発明の思想に沿った材料の組み合わせであれば、本発明の効果は
10 同様に得られる。尚、その他の点については、第1、2の実施形態の場合と同様である。

又、第1～3の実施形態において、有機物半導体材料の内部に分散させる無機物材料の粒子の形状は何れも球状としたが、本発明の効果はこの構成に限定された場合に発現するものではなく、針状粒子や鱗片状粒子等の非球状粒子を用いても、同様の効果が得られる。又、これらを混
15 合したものを用いても、同様の効果が得られる。

又、第1～3の実施形態におけるTF Tの製造方法では、半導体層を形成するためにスピンコーティング法を用いた例を説明しているが、本発明の構成を実現するための半導体層の形成手段は、これに限定されるものではない。例えば、インクジェット印刷、浸漬コーティング、又は
20 スクリーン印刷等のプロセスを用いても、第1～3の実施形態の場合と同等の半導体層を形成することが可能であり、同様の効果が得られる。

(第4の実施形態)

本発明の第4の実施形態では、第1～3の実施形態で説明したTF Tを用いたアプリケーション例として、シートライクなフレキシブルディスプレイ、無線IDタグ、及び、携帯テレビ、通信端末、携帯用医療機器等の携行用機器について説明する。
25

先ず、シートライクなフレキシブルディスプレイとして有機ELを表示部に用いたアクティブマトリクス型ディスプレイの構成例について説

明する。

図 1 4 は、本実施の形態に係る有機 E L を表示部に用いたアクティブマトリクス型ディスプレイの構成を模式的に示す斜視図である。

図 1 4 に示すように、本実施の形態に係るアクティブマトリクス型ディスプレイは、プラスチック基板 1 0 1 上に画素電極に接続された T F T 駆動回路 1 1 0 がアレイ状に配置されており、その T F T 駆動回路 1 1 0 の上に有機 E L 層 1 0 2 と保護フィルム 1 0 4 とが配設されている。尚、有機 E L 層 1 0 2 の上面には、透明電極 1 0 3 が設けられる。ここで、有機 E L 層 1 0 2 は、電子輸送層、発光層、正孔輸送層等の各層が積層され構成されている。そして、各々の T F T の所定の電極から延長されたソース電極線 1 0 5 とゲート電極線 1 0 6 とは、各々ここでは図示しない制御回路へ接続されている。ここで、T F T 駆動回路部 1 1 0 の拡大図を図 1 5 に示す。尚、T F T 自体の積層構成は、基本的に第 1 ～ 3 の実施形態で示した積層構造と同様である。つまり、図 1 5 に示す T F T は、半導体層 1 1 3 と、ソース電極 1 1 4 及びドレーン電極 1 1 5 と、ゲート絶縁層 1 1 2 と、ゲート電極 1 1 1 とが積層されてなる。そして、図 1 5 に示すように、ドレーン電極 1 1 5 は有機 E L の画素電極 1 1 6 に電氣的に接続されている。又、ゲート電極 1 1 1 が接続されたゲート電極線 1 0 6 と、ソース電極 1 1 4 が接続されたソース電極線 1 0 5 とが交差する部分には、絶縁層 1 1 7 が配設されている。

このように、第 1 ～ 3 の実施形態で説明した T F T を用いてアクティブマトリクス型のディスプレイを構成することにより、T F T 部分を低コストプロセスで作製できるため、ディスプレイ全体としても安価で、かつ機械的柔軟性及び耐衝撃性に優れたシートライクなディスプレイを実現することができる。又、表示速度（反応速度）の速いアクティブマトリクス型のディスプレイを提供することが可能になる。

尚、本実施の形態では、表示部に有機 E L を用いた場合について説明したが、本発明の効果はこの構成を有するアクティブマトリクス型のデ

ィスプレイに限定されるものではない。つまり、T F T回路を必要とするアクティブマトリクス型のディスプレイであれば、その効果は同様に発揮される。

又、画素を駆動する駆動回路部の構成は、本実施の形態で示した構成
5 に限定されるものではない。つまり、例えば、1つの画素を駆動するために電流駆動用のT F Tとそれを制御するためのスイッチング用T F Tとを組み合わせた構成としても良い。又、更に複数個のT F Tを組み合わせた回路構成とすることも可能である。

次に、本発明に係るT F Tを無線I Dタグに応用した場合について説
10 明する。

図16は、本実施の形態に係るT F Tを用いた無線I Dタグの構成を模式的に示した斜視図である。

図16に示すように、本実施の形態に係る無線I Dタグ120は、フィルム状のプラスチック基板121を基材として使用している。この
15 基板121上には、アンテナ部122とメモリーI C部123とが設けられている。ここで、メモリーI C部123は、第1～3の実施形態において説明したT F Tを利用して構成することが可能である。そして、この無線I Dタグ120は、裏面に粘着効果を持たせることで、菓子袋やドリンク缶のような平坦でないものにも貼り付けて使用することが可
20 能である。尚、無線I Dタグ120の表面には、必要に応じて保護膜が設けられる。

このように、第1, 2の実施形態で説明したT F Tを用いて無線I Dタグを構成することにより、様々な形状、又は素材へ貼り付けることが可能な無線I Dタグを具現化することが可能になる。又、反応速度（処
25 理速度）の速い無線I Dタグを提供することが可能になる。

尚、本発明の効果は、図16に示した無線I Dタグの構成に限定され得られるものではない。従って、アンテナ部、メモリーI C部の配置や構成方法は、任意に設定可能である。又、例えば、倫理回路部を無線I

Dタグに組み込むことも可能である。

又、本実施の形態では、プラスチック基板 1 2 1 上に予めアンテナ部 1 2 2 とメモリー I C 部 1 2 3 とを形成しておく形態について説明したが、本発明はこの形態に限定されるものではなく、インクジェット印刷のような方法を用いて、直接対象物に無線 I D タグを形成することも可能である。そして、その際も、本発明に係る T F T の構成を用いることにより、機械的柔軟性、耐衝撃性に優れた高性能な無線 I D タグを低コストで作製することが可能になる。

最後に、本発明に係る T F T を携帯用機器に応用した場合について説明する。図 1 7 ～ 図 1 9 では、本発明に係る T F T を利用した携帯用機器の幾つかの具体的な応用例を示している。

まず、本発明に係る T F T を携帯テレビに応用した場合について説明する。

図 1 7 は、本実施の形態に係る T F T を用いた携帯テレビの構成を模式的に示した正面図である。

図 1 7 に示すように、本実施の形態に係る携帯テレビ 1 3 0 は、テレビ映像を表示する液晶表示装置等からなる表示部 1 3 1 と、ここでは伸縮自在なロッドアンテナからなる放送電波を受信可能な受信部 1 3 2 と、携帯テレビ 1 3 0 電源の O N / O F F を制御する電源スイッチ 1 3 3 と、後述する音声出力装置 1 3 5 から出力される音声出力の音量の調整や受信するテレビ放送のチャンネルの切り換えを行うための操作スイッチ 1 3 4 と、テレビ音声を入力するスピーカ等からなる音声出力部 1 3 5 と、音声信号や映像信号を携帯テレビ 1 3 0 に入力又は携帯テレビ 1 3 0 から出力する入出力端子 1 3 6 と、受信したテレビ放送等に係る音声信号及び映像信号が必要に応じて記録される記録メディアを挿入する記録メディア挿入部 1 3 7 とを備えている。

この携帯テレビ 1 3 0 は、図 1 7 では特に図示しないが、その内部に I C や L S I 等の集積回路を有している。そして、本発明に係る T F T

を利用した集積回路が、携帯テレビ 130 を構成する演算素子、記憶素子、スイッチング素子等として適宜使用されている。これにより、携帯テレビ 130 は、携帯型のテレビ放送受信機として機能する。

次に、本発明に係る T F T を通信端末に応用した場合について説明する。尚、ここでは、通信端末として、携帯電話を例示している。

図 18 は、本実施の形態に係る T F T を用いた携帯電話の構成を模式的に示した正面図である。

図 18 に示すように、本実施の形態に係る携帯電話 140 は、電話番号等を表示する液晶表示装置等からなる表示部 141 と、ここでは収納自在なホイップアンテナからなる通信電波を送受信可能な送受信部 142 と、通信音声を出力するスピーカ等からなる音声出力部 143 と、写真撮影可能な C C D 素子等を有するカメラ部 144 と、携帯電話 140 を必要に応じて折り畳むための折り畳み用可動部 145 と、電話番号や文字を入力するための複数の操作スイッチ 146 と、通信音声を入力するコンデンサマイク等からなる音声入力部 147 とを備えている。

この携帯電話 140 は、図 18 では特に図示しないが、その内部に I C や L S I 等の集積回路を有している。そして、本発明に係る T F T を利用した集積回路が、携帯電話 140 を構成する演算素子、記憶素子、スイッチング素子等として適宜使用されている。これにより、携帯電話 140 は、携帯型の通信端末として機能する。

次に、本発明に係る T F T を携帯用医療機器に応用した場合について説明する。

図 19 は、本実施の形態に係る T F T を用いた携帯用医療機器の構成を模式的に示した斜視図である。尚、ここでは、携帯用医療機器の一例として、取得された生体情報に基づいて患者に対し薬物投与等の医療的処置を自動的に行う携帯用医療機器を例示している。又、図 19 では、後述する患者の腕 155 を透視的に表している。

図 19 に示すように、本実施の形態に係る携帯用医療機器 150 は、

機器の動作状態や取得された生体情報等を表示する液晶表示装置等からなる表示部 1 5 1 と、携帯用医療機器 1 5 0 の動作に係る設定等を行うための操作スイッチ 1 5 2 と、後述する経皮コンタクト部 1 5 4 によって取得された生体情報を処理しかつその処理の結果に基づいて経皮コンタクト部 1 5 4 を介した患者に対する薬物投与等の医療的処置を行う医療的処置部 1 5 3 と、医療的処置のための患者の生体情報を逐次収集すると共に患者に対する医療的処置を実質的に行う経皮コンタクト部 1 5 4 とを備えている。

この携帯用医療機器 1 5 0 が用いられて患者に対する医療的処置が行われる場合、携帯用医療機器 1 5 0 は、例えば図 1 9 に示すように患者の腕 1 5 5 に巻き付けられて携行される。この図 1 9 に示す装着状態において、経皮コンタクト部 1 5 4 と患者の腕 1 5 5 の表面とは相互に密着している。そして、携帯用医療機器 1 5 0 は、この図 1 9 に示す装着状態において、経皮コンタクト部 1 5 4 を介して腕 1 5 5 から医療的処置のための生体情報を取得する。患者の生体情報が取得されると、この取得された生体情報は医療的処置部 1 5 3 に入力される。医療的処置部 1 5 3 では、取得された生体情報の医療的処置のための所定の処理が行われる。そして、その処理の結果に基づいて、医療的処置部 1 5 3 によって経皮コンタクト部 1 5 4 を介した患者に対する薬物投与等の医療的処置が行われる。

この携帯用医療機器 1 5 0 は、図 1 9 では特に図示しないが、その内部に I C や L S I 等の集積回路を有している。そして、本発明に係る T F T を利用した集積回路が、携帯用医療機器 1 5 0 を構成する演算素子、記憶素子、スイッチング素子等として適宜使用されている。これにより、携帯用医療機器 1 5 0 は、携帯型の医療機器として機能する。

このように、第 1 ～ 3 の実施形態で説明した T F T が利用された集積回路を用いて携行用機器を構成することにより、以下に記す効果が得られる。即ち、上述した携行用機器において利用される集積回路としては

演算素子、記憶素子、及びスイッチング素子等の半導体特性を使った素子が種々考えられるが、前記携行用機器において、機械的柔軟性、耐衝撃性、廃却する際の対環境性や軽量、安価等の有機材料の利点として挙げられる性能が要求される際にその一部を本発明に係るTFTを利用して構成することにより、高性能な素子を安価に実現することが可能になる。又、その結果として、前記利点を備えた携行用機器を安価に製造することが可能になる。

第4の実施形態では、本発明に係るTFTを応用した携行用機器として幾つかの例を挙げて説明したが、これらの例示した機器の構成は上述した構成に限定されるものではない。又、本発明に係るTFTを応用可能な携行用機器についても、上述した機器に限定されるものではない。例えば、PDA端末、ウェアラブルなAV機器、ポータブルなコンピュータ、腕時計タイプの通信機器等、機械的柔軟性、耐衝撃性、廃却する際の対環境性、軽量、安価等が要求される携行用機器に対して本発明に係るTFTを好適に応用することが可能である。

尚、第1～3の実施形態では、図1Cの構成のTFTに本発明を適用したが、図1A、図1B、図1D、図2A及び図2Bの構成のTFTにも本発明を同様に適用することが可能である。ここで、図1Aは、基板1上にゲート電極2、ゲート絶縁層3、及び半導体層4が積層され、この半導体層4の上にソース電極5及びドレーン電極6が積層され構成されている。又、図1Bは、基板1上にゲート電極2、ゲート絶縁層3、ソース電極5及びドレーン電極6が積層され、このソース電極5及びドレーン電極6とゲート絶縁層3との上に半導体層4が積層され構成されている。又、図1Dは、基板1上にソース電極5及びドレーン電極6、半導体層4、及びゲート絶縁層3が積層され、このゲート絶縁層3の上にゲート電極2が積層され構成されている。又、図2Aは、基板1上にゲート電極2、ゲート絶縁層3、及びソース電極5が積層され、このソース電極5及びゲート絶縁層3の上に半導体層4が積層され、この半導

体層 4 の上にドレーン電極 6 が積層され構成されている。更に、図 2 B は、基板 1 上にソース電極 5 が積層され、このソース電極 5 の上に、その内部にゲート絶縁層 3 によって覆われた図 2 B では円形の断面形状を有するゲート電極 2 を備えた半導体層 4 が積層され、この半導体層 4 の上にドレーン電極 6 が積層され構成されている。

本発明は以上に述べたような形態で実施され、低コストプロセスで構成可能な、機械的柔軟性、耐衝撃性が優れた高キャリア移動度の半導体層を使用した T F T と、その製造方法を提供することができる。又、キャリア移動度が改善された T F T を複数個配置した、安価でかつ、機械的柔軟性、耐衝撃性の優れた、アクティブマトリクス型のディスプレイ、前記 T F T を集積回路部に用いた無線 I D タグ、前記 T F T を集積回路部に用いた携行用機器等を提供することができるという効果を奏する。

上記説明から、当業者にとっては、本発明の多くの改良や他の実施形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造及び／又は機能の詳細を実質的に変更できる。

〔産業上の利用の可能性〕

本発明に係る T F T 及びその製造方法は、低コストプロセスによって構成可能な、機械的柔軟性、及び耐衝撃性が優れた高キャリア移動度の T F T と、その T F T の製造方法として有用である。又、本発明に係る T F T は、シートライク又はペーパーライクなアクティブマトリクス型のディスプレイや、無線 I D タグ、携帯テレビや携帯電話等の携行用機器等を製造するために有用である。

請 求 の 範 囲

1. 半導体層と、該半導体層に相互に分離して設けられたソース領域とドレーン領域とゲート領域とを有する薄膜トランジスタであって、
5 前記半導体層が複合材料で構成されており、
前記複合材料が、有機物半導体材料の内部に少なくとも1種類の無機物材料の粒子が複数分散された複合材料である、薄膜トランジスタ。
2. 薄膜トランジスタのON動作時における前記無機物材料の電気抵抗が、前記ON動作時における前記有機物半導体材料の電気抵抗より
10 低い、請求の範囲第1項記載の薄膜トランジスタ。
3. 前記粒子の最大粒子径が、前記ソース領域と前記ドレーン領域との間の距離より小さい、請求の範囲第1項記載の薄膜トランジスタ。
4. 前記半導体層における前記粒子の含有率が、前記粒子のネットワークによって前記ソース領域と前記ドレーン領域とが電氣的に接続され
15 ないように制限されている、請求の範囲第1項記載の薄膜トランジスタ。
5. 前記含有率が、0体積%を超え60体積%以下である、請求の範囲第4項記載の薄膜トランジスタ。
6. 前記複数分散された前記粒子の群が、互いに平均粒子径が異なる少なくとも第1の粒子群及び第2の粒子群の2つの粒子群を含んで構成
20 されている、請求の範囲第1項記載の薄膜トランジスタ。
7. 前記第1の粒子群の平均粒子径が、前記第2の粒子群の平均粒子径の0%を超え15%未満である、請求の範囲第6項記載の薄膜トランジスタ。
25
8. 前記無機物材料が、導体材料である、請求の範囲第1項記載の薄膜トランジスタ。
9. 前記無機物材料が、半導体材料である、請求の範囲第1項記載

の薄膜トランジスタ。

10. 前記無機物材料が、導体材料及び半導体材料を含有する2種類以上の材料の複合材料である、請求の範囲第1項記載の薄膜トランジスタ。

5 11. 半導体層と、該半導体層に相互に分離して設けられたソース領域とドレーン領域とゲート領域とを有する薄膜トランジスタの製造方法であって、

有機物半導体材料の内部に少なくとも1種類の無機物材料の粒子を複数分散させて複合材料を製造する第1の製造工程と、

10 前記第1の製造工程で得られた前記複合材料を用いて前記半導体層を形成する第2の製造工程と、

を備えている、薄膜トランジスタの製造方法。

12. 前記無機物材料として、薄膜トランジスタのON動作時における電気抵抗が前記ON動作時における前記有機物半導体材料の電気
15 抵抗より低い無機物材料を用いる、請求の範囲第11項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

13. 前記粒子の粒度分布を所定の粒度分布とするための粒子選別工程を更に備えている、請求の範囲第11項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

20 14. 前記粒子の前記半導体層内における分散状態を所定の分散状態とするための分散制御工程を更に備えている、請求の範囲第11項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

15. 前記第2の製造工程が、

前記複合材料を所定の溶液中に溶解若しくは非溶解の状態で分散させて半導体層形成用材料を得る第1の準備工程と、
25

前記第1の準備工程で得られた前記半導体層形成用材料を所定の位置に噴霧、塗布若しくは印刷した後に乾燥させて前記半導体層を形成する第2の準備工程と、

を備えている、請求の範囲第 11 項記載の薄膜トランジスタの製造方法。

16. 請求の範囲第 1 項乃至第 10 項の何れかに記載の薄膜トランジスタが、画素を駆動するためのスイッチング素子として複数個配設されてなる、アクティブマトリクス型ディスプレイ。

17. 請求の範囲第 1 項乃至第 10 項の何れかに記載の薄膜トランジスタが、集積回路を構成するための半導体素子として利用されてなる、無線 ID タグ。

18. 請求の範囲第 1 項乃至第 10 項の何れかに記載の薄膜トランジスタが、集積回路を構成するための半導体素子として利用されてなる、携行用機器。

図1A

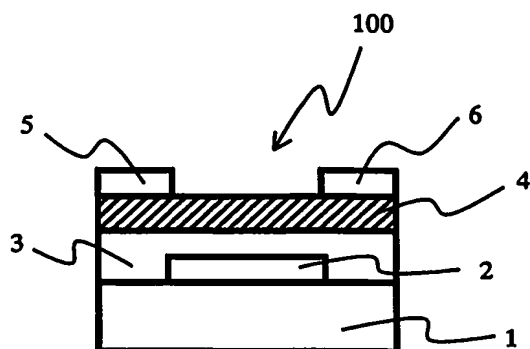


図1B

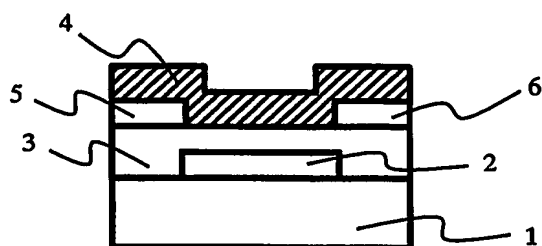


図1C

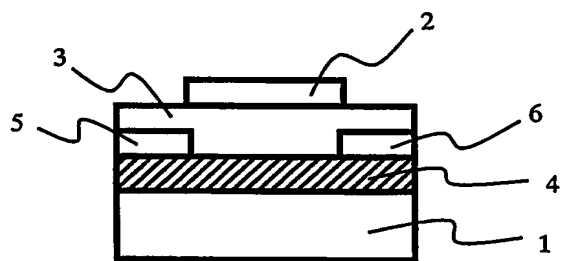
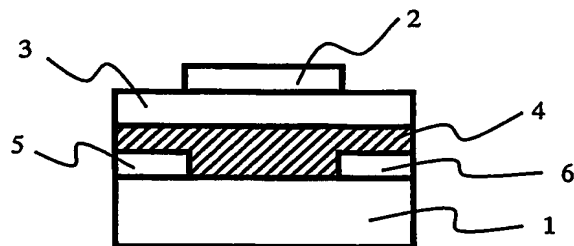


図1D



2/21

図2A

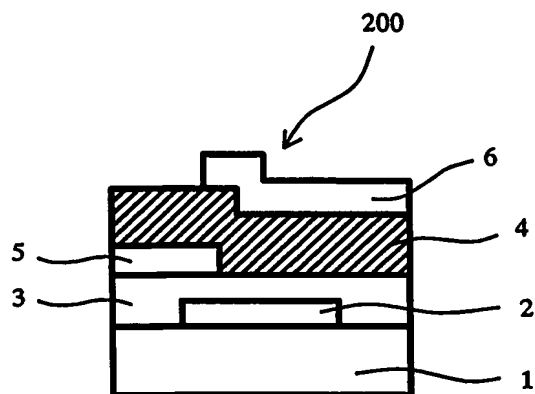
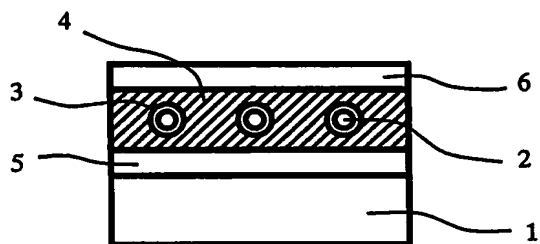


図2B



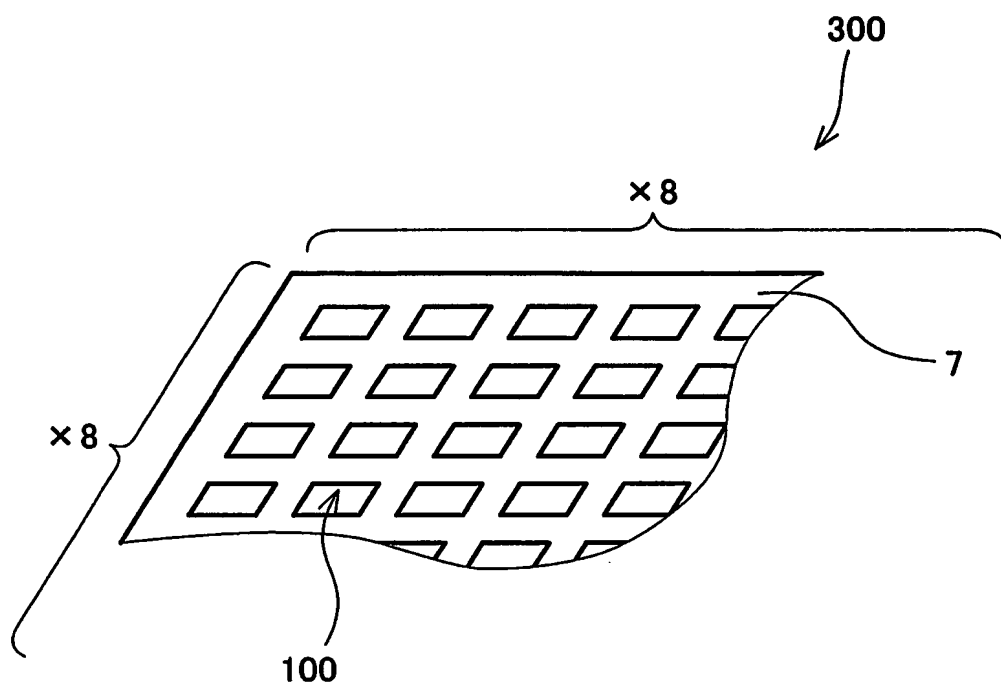


図3

図4A

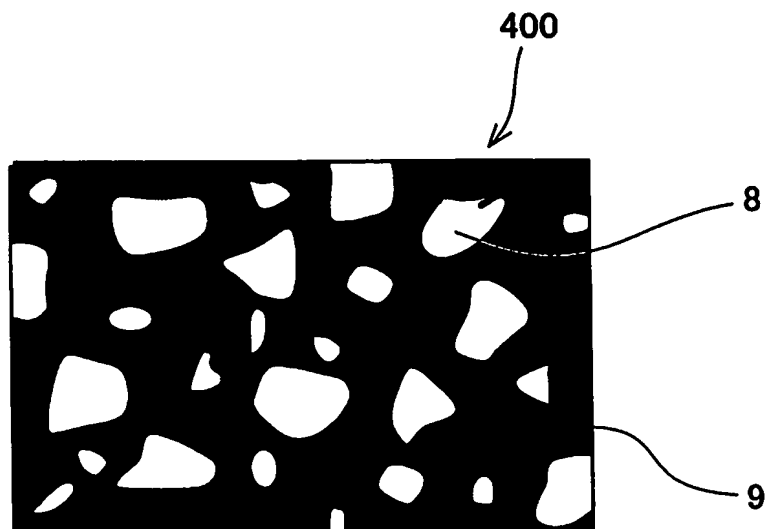
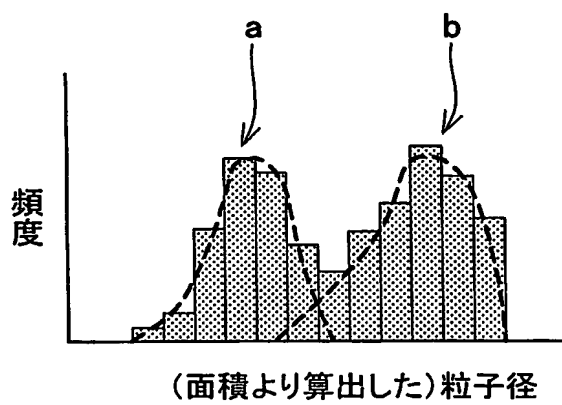


図4B



P型シリコン結晶1 平均粒径 $20\mu\text{m}$ (体積%)	P型シリコン結晶2 平均粒径 $1.5\mu\text{m}$ (体積%)	総充填率 (体積%)
0	0	0
10	0	10
20	0	20
40	0	40
40	15	55
40	20	60
40	25	65

図5

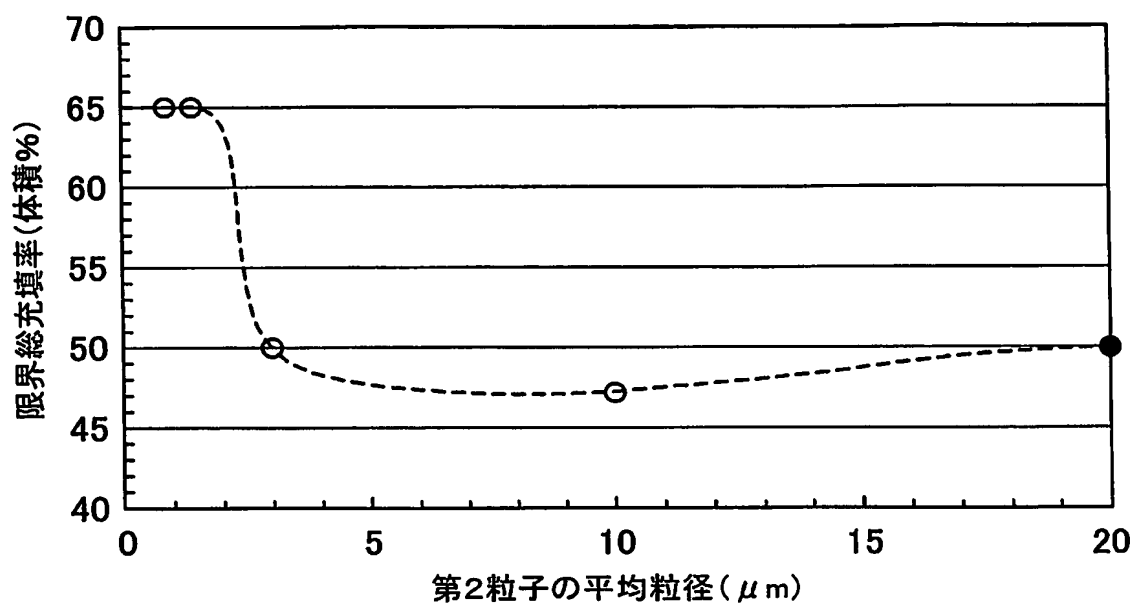


図6

7/21

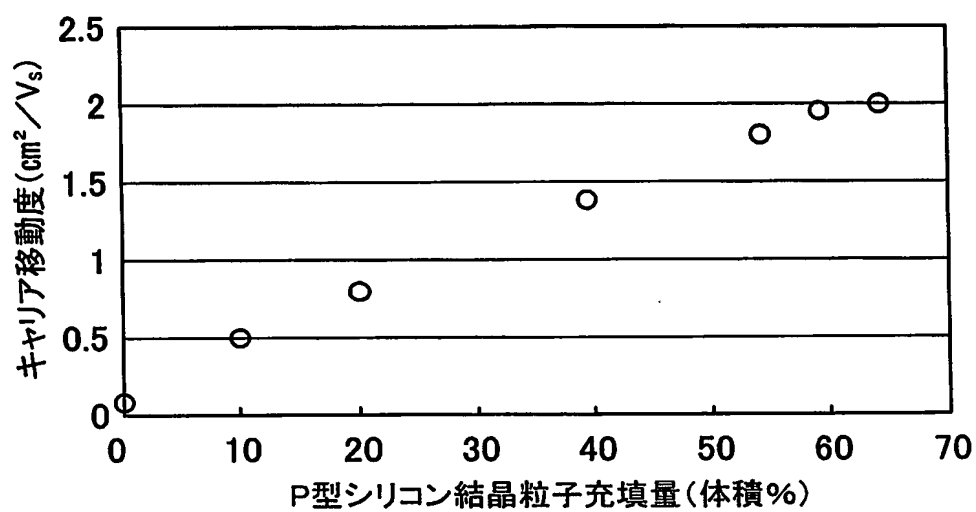


図7

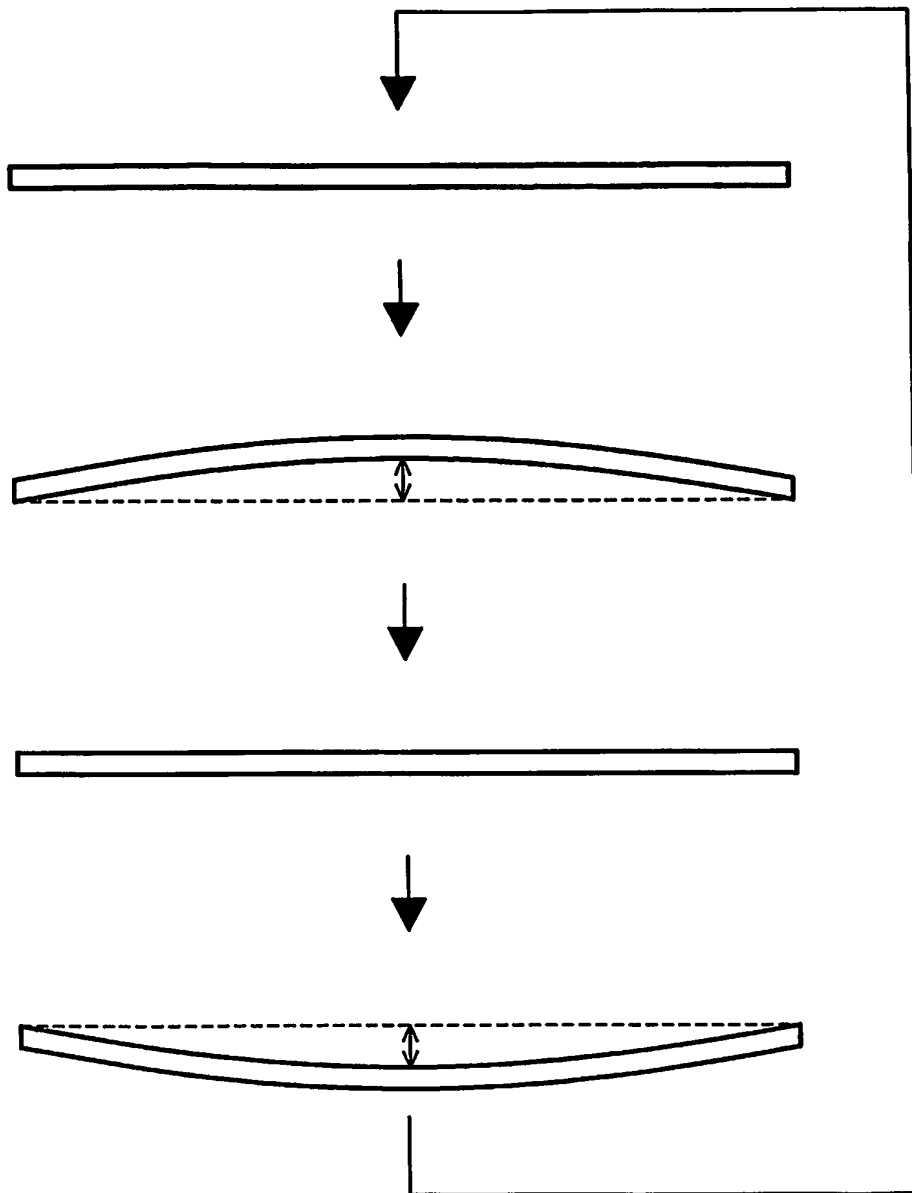


図8

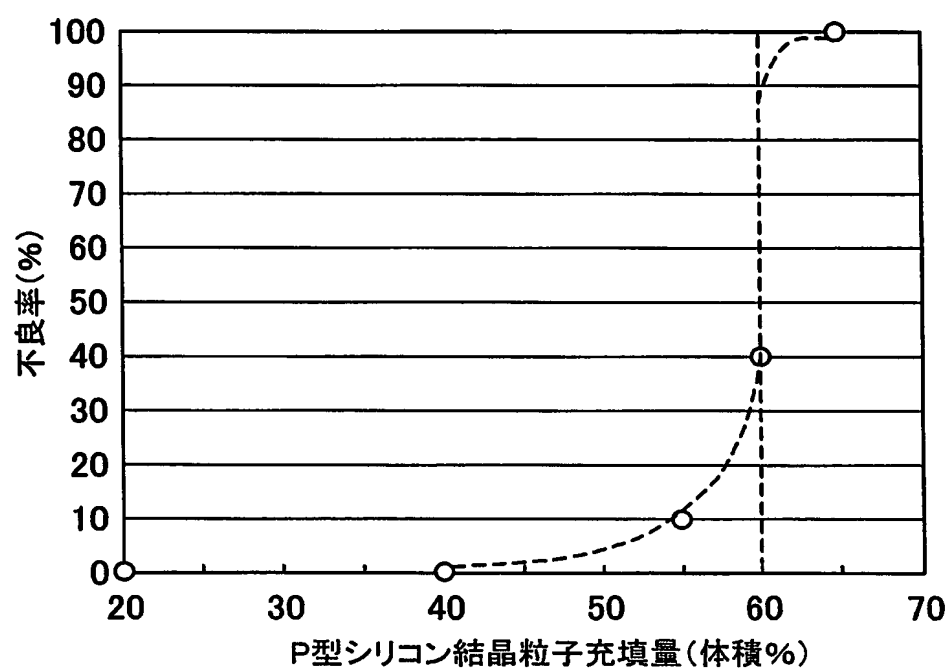


図9

10/21

Cu粒子1 平均粒径 $10\mu\text{m}$ (体積%)	Cu粒子2 平均粒径 $1\mu\text{m}$ (体積%)	総充填率 (体積%)
0	0	0
10	0	10
30	0	30
40	5	45
40	20	60

図10

11/21

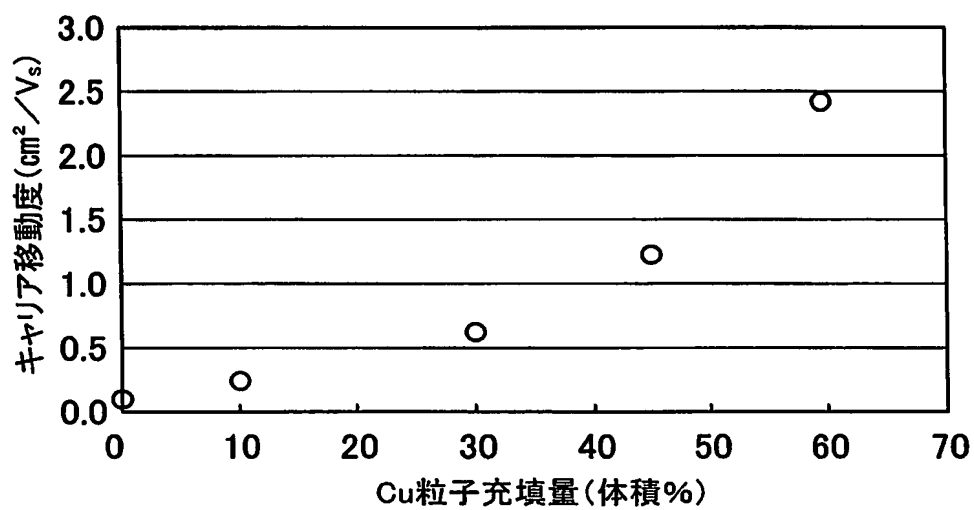


図11

12/21

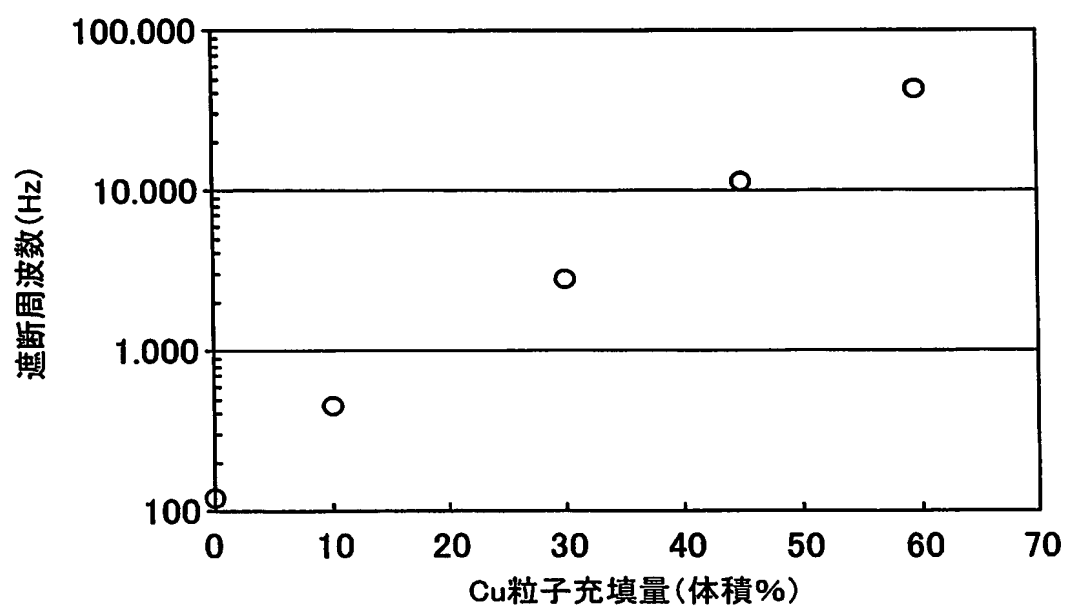


図12

	P型シリコン結晶1 平均粒径 $20\mu\text{m}$ (体積%)	Cu粒子2 平均粒径 $1\mu\text{m}$ (体積%)	総充填率 (体積%)	キャリア 移動率 (cm^2/Vs)	遮断周波数 (kHz)
第1の実施形態	40	0	40	1.4	2.2
第3の実施形態(1)	40	5	45	1.9	4.7
第3の実施形態(2)	40	10	50	2.5	8.5

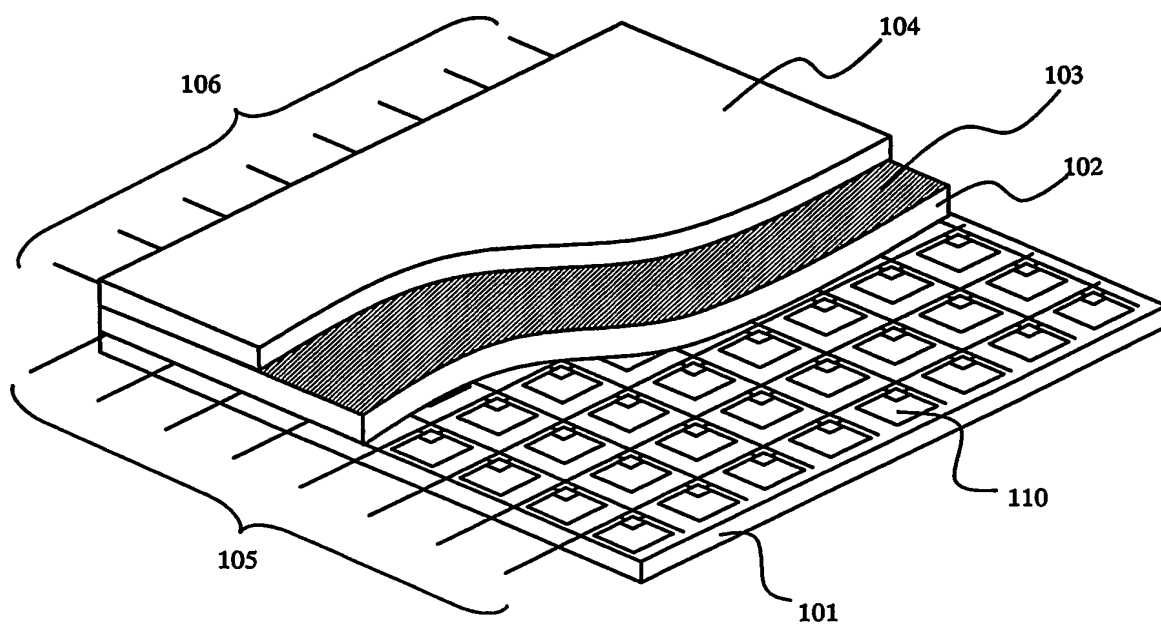


図14

15/21

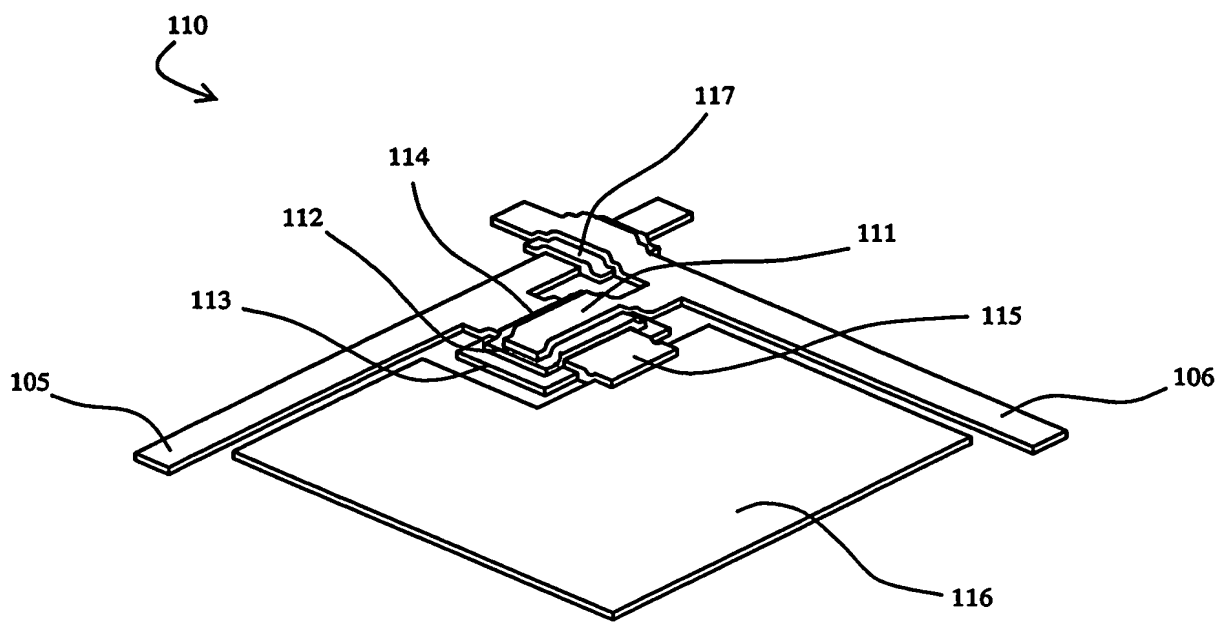


図 15

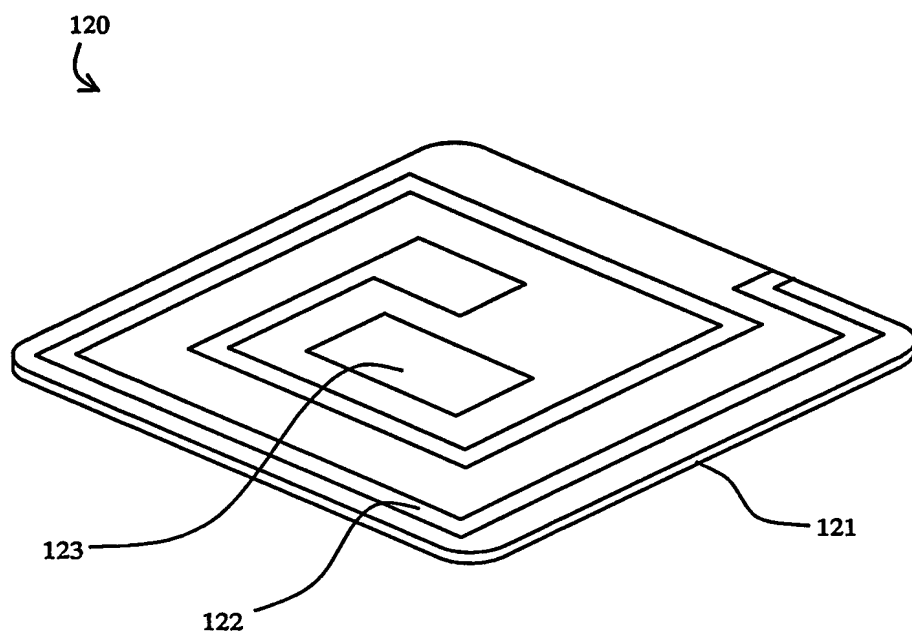


図16

17/21

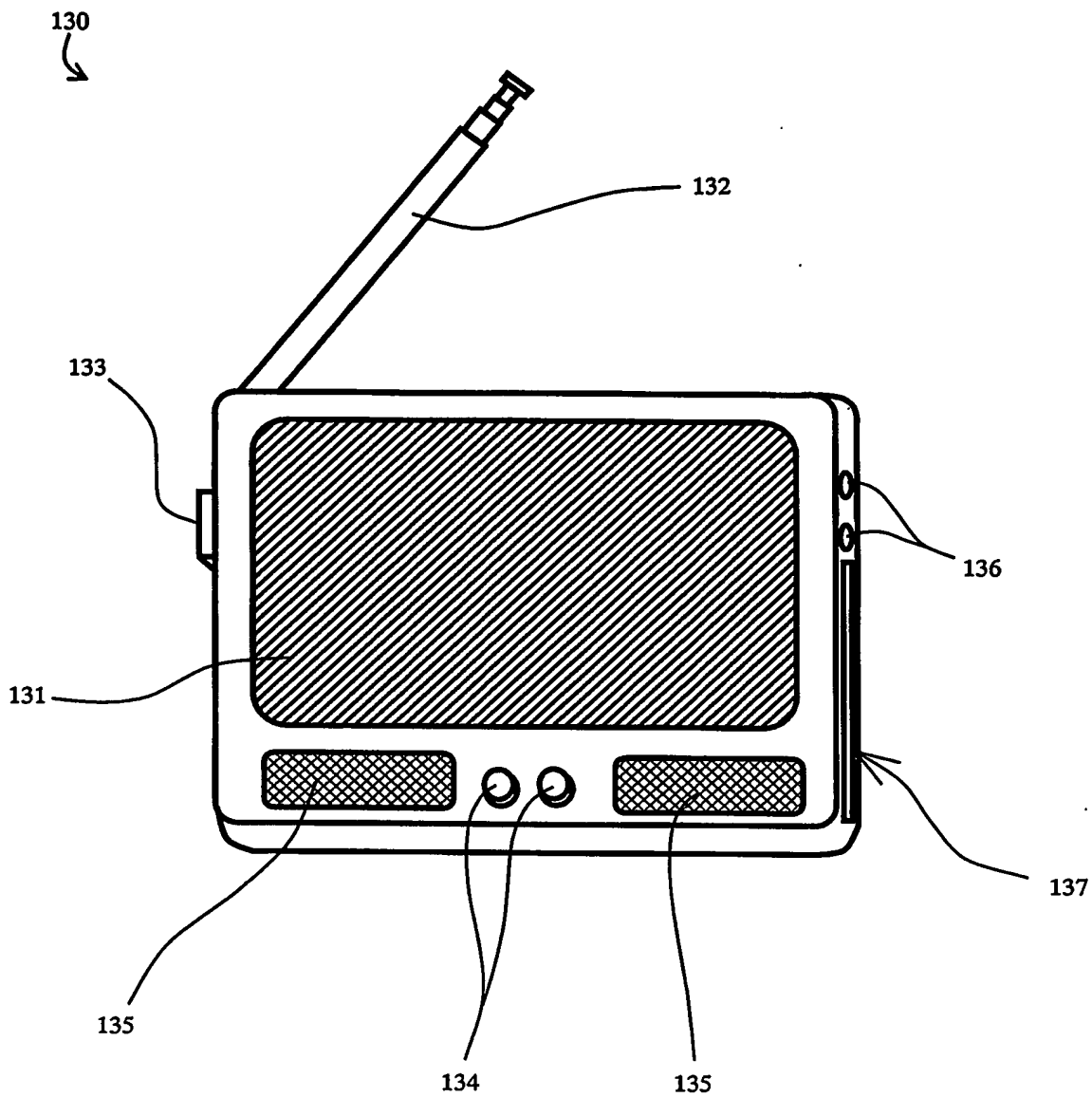


図 17

18/21

140
↘

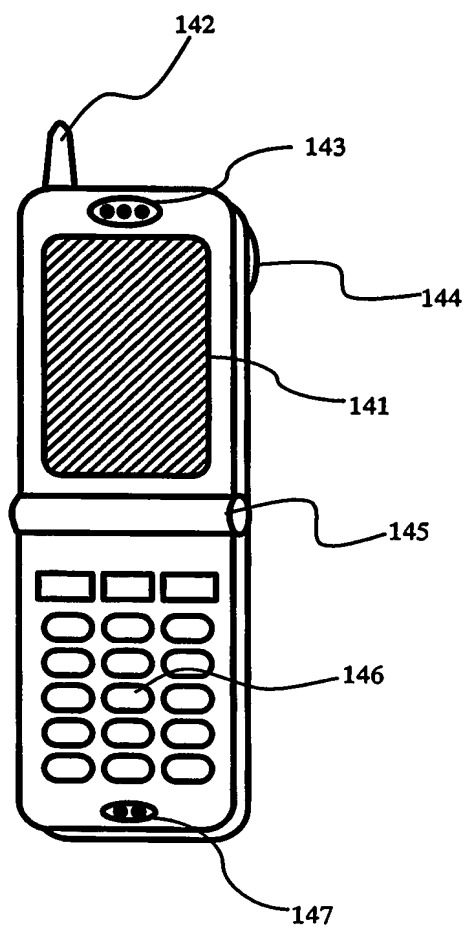


図18

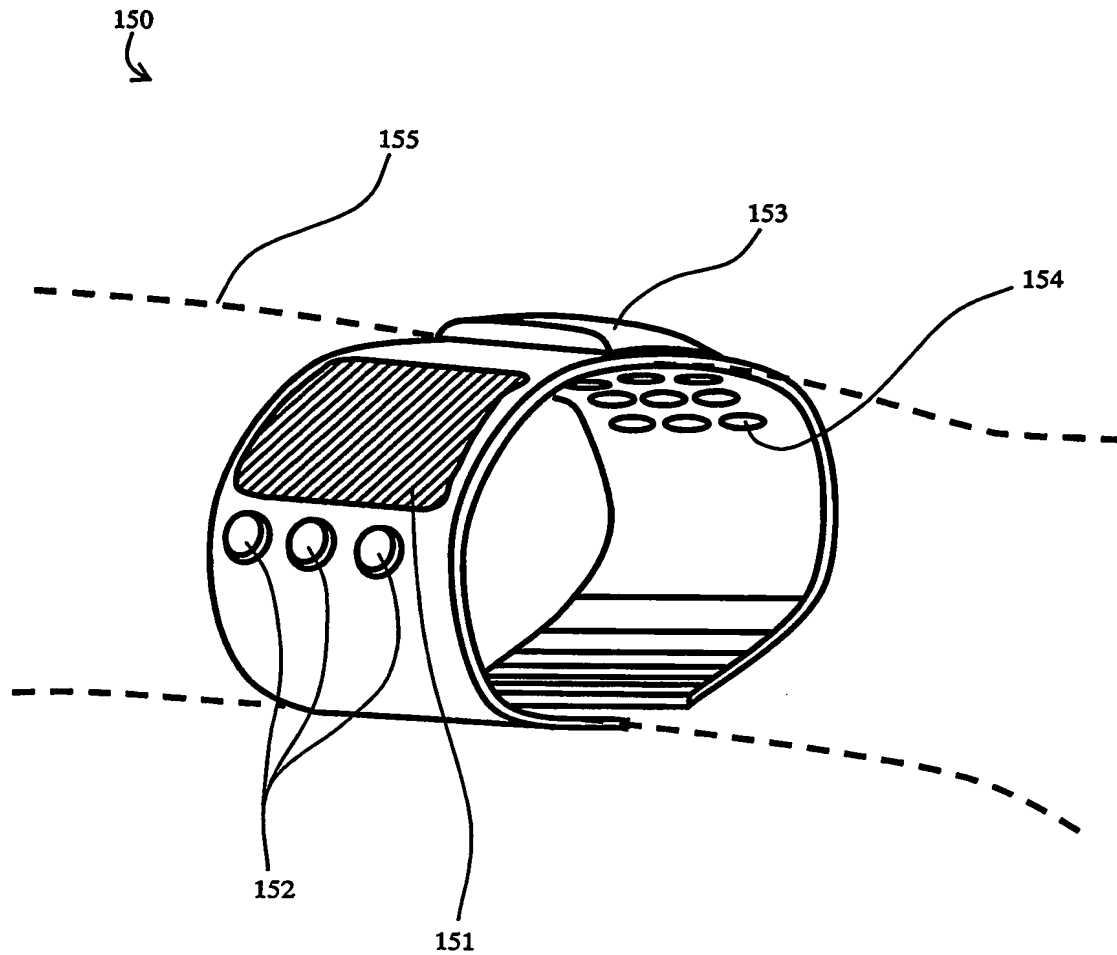


図19

参照符号一覧表(1)

- 1 基板
- 2 ゲート電極
- 3 ゲート絶縁層
- 4 半導体層
- 5 ソース電極
- 6 ドレイン電極
- 7 プラスティック基板
- 8 粒子
- 9 有機物半導体材料
- 100 TFT
- 101 プラスティック基板
- 102 有機EL層
- 103 透明電極
- 104 保護フィルム
- 105 ソース電極線
- 106 ゲート電極線
- 110 TFT駆動回路
- 111 ゲート電極
- 112 ゲート絶縁層
- 113 半導体層
- 114 ソース電極
- 115 ドレイン電極
- 116 画素電極
- 117 絶縁層
- 120 無線IDタグ
- 121 プラスティック基板
- 122 アンテナ部
- 123 メモリーIC部
- 130 携帯テレビ
- 131 表示部
- 132 受信部
- 133 電源スイッチ
- 134 操作スイッチ
- 135 音声出力装置

参照符号一覧表(2)

- 136 入出力端子
- 137 記録メディア挿入部
- 140 携帯電話
- 141 表示部
- 142 送受信部
- 143 音声出力部
- 144 カメラ部
- 145 折り畳み用可動部
- 146 操作スイッチ
- 147 音声入力部
- 150 携帯用医療機器
- 151 表示部
- 152 操作スイッチ
- 153 医療的処置部
- 154 経皮コンタクト部
- 155 腕
- 200 TFT
- 300 半導体特性評価用試料
- 400 断面

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010436

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L29/786, H01L21/336, H01L51/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L29/786, H01L21/336, H01L51/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
Web of Science

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	JP 2004-88090 A (Sony Corp.), 18 March, 2004 (18.03.04), Full text; Figs. 1 to 20 & WO 2004/006337 A1	1-5, 8-10, 16-18
A	JP 6-273811 A (Mitsubishi Electric Corp.), 30 September, 1994 (30.09.94), Full text; Figs. 1 to 14 (Family: none)	1-18
A	JP 2002-204012 A (Toshiba Corp.), 19 July, 2002 (19.07.02), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 September, 2004 (17.09.04)

Date of mailing of the international search report
05 October, 2004 (05.10.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H01L 29/786, H01L 21/336, H01L 51/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H01L 29/786, H01L 21/336, H01L 51/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

Web of Science

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
PX	JP 2004-88090 A (ソニー株式会社) 2004. 03. 18, 全文, 第1-20図 &WO 2004/006337 A1	1-5, 8-10, 16-18
A	JP 6-273811 A (三菱電機株式会社) 1994. 09. 30, 全文, 第1-14図 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2002-204012 A (株式会社東芝) 2002. 07. 19, 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	1-18

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 09. 2004

国際調査報告の発送日

05.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮崎 園子

4M

3123

電話番号 03-3581-1101 内線 3462